

Abs	Neue Energie (6 / 2008)	Joule (5 / 2009)	Abs
	Die Schlankheitswelle (Sascha Rentzing, Fotos: Paul Langrock)	Die Schlankheitswelle (Sascha Rentzing)	
0	Die Dünnschichthersteller wollen ihre Produktionskapazitäten 2008 auf 3,5 Gigawatt verdreifachen. Massenproduktion und moderne Fertigungslinien sollen massiv Kosten senken. Ähnlich gehen auch die Vertreter klassischer Siliziumtechnologien vor.	Modultechnik Die Dünnschichthersteller wollen ihre Produktion bis 2012 auf fünf Gigawatt verfünffachen. Massenproduktion und moderne Fertigungslinien sollen massiv Kosten senken. Ähnlich gehen auch die Vertreter klassischer Siliziumtechniken vor. Das Rennen um das erfolgreichste Solarkonzept ist im vollen Gang.	0
1	Im Wettlauf um die effizienteste Dünnschichtsolarzelle der Welt hat das National Renewable Energy Laboratory (NREL) der USA seinen Vorsprung ausgebaut:	Im Wettlauf um die effizienteste Dünnschichtsolarzelle der Welt liegt das National Renewable Energy Laboratory (NREL) der USA vorn:	1
	Es erreichte mit einem Lichtsammler aus Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) einen Laborwirkungsgrad von 19,8 Prozent. Damit stoßen kupferbasierte Dünnschicht-Zellen, vereinfacht mit CIS abgekürzt, in Effizienzbereiche der konventionellen Photovoltaik (PV) vor: Zellen aus multikristallinem Silizium, die heute den größten Marktanteil haben, kommen auf Wirkungsgrade von 20,3 Prozent, schneiden im Labor also nur etwas besser ab als ihre kupfernen Konkurrenten.	Es erreichte mit einem Lichtsammler aus Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) einen Laborwirkungsgrad von 20,3 Prozent. Damit stoßen kupferbasierte Dünnschichtzellen, vereinfacht mit CIS abgekürzt, in Effizienzbereiche der gängigen kristallinen Photovoltaik (PV) vor: Zellen aus multikristallinem Silizium, die heute den größten Marktanteil haben, kommen auf Wirkungsgrade von 20,3 Prozent, schneiden im Labor also nur etwas besser ab als ihre schlanken Konkurrenten.	
2	In der Praxis bleibt die CIS-Technologie jedoch weit hinter diesen Möglichkeiten zurück: Industriell hergestellte Module aus diesem Verbindungshalbleiter erreichen Effizienzen von rund elf Prozent, multikristalline Panels wandeln dagegen durchschnittlich zwölf bis 14 Prozent, monokristalline sogar 15 bis 17,5 Prozent des einfallenden Lichts in Energie um.	In der Praxis bleibt die CIS-Technik aber noch hinter ihren Möglichkeiten: Industriell hergestellte Module aus diesem Halbleitermaterial wandeln nur elf Prozent des Sonnenlichts in Elektrizität um, multikristalline Module dagegen bis zu 14 Prozent, monokristalline sogar bis zu 17,5 Prozent.	2
	Diesen Rückstand können die Kupfermodule bislang nicht durch günstigere Fertigungskosten ausgleichen: Sie sind in der Produktion mit zwei bis 2,50 Euro pro Watt genauso teuer wie multikristalline Sonnenfänger (siehe Tabelle Seite 22).	Diesen Effizienz-Rückstand können CIS-Module bislang nicht durch günstigere Fertigungskosten ausgleichen: Sie sind in der Produktion mit mehr als zwei Euro pro Watt genauso teuer wie die dickschichtige Silizium-Konkurrenz.	
	Das wichtigste Ziel setzt CIS bislang also nicht ansatzweise um: Die Herstellkosten durch Materialeinsparungen so weit zu senken, dass Solarstrom konkurrenzfähig ist.	Das wichtigste Ziel setzt CIS also noch nicht um: die PV-Herstellkosten so weit zu senken, dass Solarstrom konkurrenzfähig zu Netzstrom ist.	
3	Andere Dünnschichttechnologien überzeugen ebenso wenig. Module aus Dünnschichtsilizium zum Beispiel haben Experten zufolge das Potenzial für Effizienzen jenseits von 15 Prozent — bei Herstellkosten von unter 0,3 Euro pro Watt.	Die anderen Dünnschichttechniken können das bislang ebenso wenig. Module aus Dünnschichtsilizium zum Beispiel können laut Experten theoretisch mehr als 15 Prozent Wirkungsgrad erreichen und für weniger als 30 Eurocent pro Watt hergestellt werden.	3
	Damit würden sie jede verfügbare Solartechnologie in den Schatten stellen und wahrscheinlich konkurrenzlos günstigen Strom erzeugen.	Damit würden sie jede verfügbare Solartechnik in den Schatten stellen.	
	Gängige Dünnschichtmodule aus amorphem Silizium sind jedoch nur halb so effizient und in der	Derzeit ist die Technik jedoch nur halb so effizient und in der Fertigung derzeit mindestens drei Mal	

Abs	Neue Energie (6 / 2008)	Joule (5 / 2009)	Abs
	Fertigung derzeit mindestens drei Mal teurer.	teurer.	
	Riesenpotenziale bislang ungenutzt	Potenziale ungenutzt	
4	Doch CIS, Dünnschichtsilizium und Co stehen vor einem großen Entwicklungsschritt. Nach einer aktuellen Markterhebung der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU-Kommission sollen die Dünnschicht-Produktionskapazitäten in diesem Jahr um 2,5 Gigawatt (GW) auf insgesamt 3,5 GW erweitert werden.	Doch CIS Dünnschichtsilizium und Co stehen vor einem großen Entwicklungsschritt. Nach einer Marktanalyse der Schweizer Bank Sarasin wollen die Dünnschichthersteller ihre Produktion 2009 auf zwei Gigawatt (GW) verdoppeln, bis 2012 sogar mehr als verfünffachen — trotz Finanzkrise und den damit verbundenen Problemen einiger Firmen, Wachstumskapital zu beschaffen. „Die Dünnschicht erhöht deutlich ihren Marktanteil“, sagt Sarasin-Analyst Matthias Fawer.	4
	Gleichzeitig kämpfen ehrgeizige Fabrik- und Maschinenbauer wie die Schweizer Oerlikon Solar und der US-Technologiekonzern Applied Materials um die beste Ausgangsposition im beginnenden Dünnschichtgeschäft und liefern sich einen harten Wettstreit um die effizientesten Produktionslinien.	Gleichzeitig automatisieren die Hersteller ihre Produktion und steigern so den Durchsatz.	
	Massenherstellung und bessere Fertigungstechnologien lassen Kosteneinsparungen und sinkende Preise erwarten.	Massenfertigung und bessere Herstelltechniken sorgen für fallende Kosten.	
	Dadurch, so die Hoffnung, wird der Effizienznachteil der schlanken Stromgeneratoren mehr als ausgeglichen.	Das, so die Hoffnung, wird den schlanken Stromgeneratoren endgültig zum Durchbruch verhelfen.	
5	Experten gehen davon aus, dass sich nennenswerte Skaleneffekte durch eine größere Produktion schon in zwei Jahren einstellen könnten: „2010 werden die meisten der angekündigten Linien online sein und zwischen 2,5 und drei GW ausstoßen. Die Dünnschicht wird damit einen Marktanteil von 20 bis 25 Prozent haben“, schätzt Arnulf Jäger-Waldau von der Gemeinsamen Forschungsstelle. Zum Vergleich: 2007 lag ihr Anteil an der Modulgesamtproduktion bei etwa zehn Prozent (400 Megawatt (MW)).		
6	Der Markterfolg des US-Herstellers von Modulen aus Cadmiumtellurid (CdTe) First Solar lässt die junge Branche auf gutes Wachstum hoffen. Er hat den Schritt zur Massenfertigung bereits erfolgreich gemeistert: Zwar kommen auch die Panels der Amerikaner nicht über einen Effizienzwert von zehn bis elf Prozent hinaus,	Der Markterfolg des US-Herstellers von Modulen aus Cadmiumtellurid (CdTe) First Solar nährt das Selbstbewusstsein der Branche.	5
	dafür fertigen sie das Watt aber nach eigenen Angaben für nur noch 0,74 Euro. Sie sind damit viel günstiger als alle anderen Hersteller.	Die Amerikaner fertigen nach eigenen Angaben inzwischen für rund 70 Eurocent pro Watt — keine andere Firma produziert so günstig.	
7	Wegen ihres guten Preis-Leistungs-Verhältnisses sind die US-Lichtsammler sehr gefragt: First Solar-Systeme sind in der Anschaffung pro Kilowatt um bis zu 15 Prozent günstiger als Standardsolaranlagen. Dafür billigen Investoren offensichtlich,	Nachteil der CdTe-Module ist allerdings, dass sie derzeit nur elf Prozent Wirkungsgrad erreichen.	
	dass die Panels wegen ihrer niedrigeren Wirkungsgrade mehr Fläche benötigen, um die	Daher benötigen sie mehr Fläche, um die gleiche Strommenge zu erzeugen wie kristalline Module.	

Abs	Neue Energie (6 / 2008)	Joule (5 / 2009)	Abs
	<p>gleichen Energieerträge zu erzielen. So konnte die Firma bereits Modullieferverträge mit einem Volumen von über einem Gigawatt abschließen. Im sächsischen Muldentalkreis wird derzeit eine der weltweit größten Solaranlagen ausgestattet (siehe Seite 6).</p>	<p>Die höheren Installationskosten zehren den Produktionskostenvorteil teilweise wieder auf.</p>	
8	<p>Um ihre Vereinbarungen einhalten zu können und weiter Kosten zu senken, baut First Solar seine Kapazitäten zügig aus. Das Unternehmen expandiert ausschließlich in Malaysia, wo bis 2009 vier Fabriken mit einer Gesamtkapazität von 480 MW entstehen sollen. Linien mit 210 MW Kapazität sind bereits in Betrieb, darunter ein 120-MW-Werk in Frankfurt/Oder (neue energie 3/2007).</p>	<p>Dennoch gilt der Erfolg von First Solar als Meilenstein auf dem Weg zur Wettbewerbsfähigkeit des Solarstroms. Experten hatten die Netzparität in Deutschland frühestens für 2015 erwartet. Von da an wäre Sonnenenergie nicht mehr teurer als herkömmlicher Strom aus der Steckdose. Der jüngste Fortschritt lasse diese Netzparität nun in greifbare Nähe rücken, sagt Holger Krawinkel, Energieexperte beim Verbraucherzentrale Bundesverband. „First Solar-Module könnten bereits Strom für umgerechnet 20 bis 25 Eurocent pro Kilowattstunde produzieren“, so der Experte. Der aktuelle Strompreis liegt in Deutschland bei rund 20 Eurocent.</p>	6
9	<p>Die Amerikaner haben bei den Kosten Maßstäbe gesetzt.</p>	<p>First Solar setzt bei den Kosten Maßstäbe.</p>	7
	<p>Wer es nicht schafft, mindestens ebenso günstig zu produzieren, oder mit höheren Wirkungsgraden die Systemkosten zu senken, wird sich nicht durchsetzen.</p>	<p>Welche Dünnschichtfirma es nicht schafft, mindestens ebenso günstig zu produzieren, oder mit höheren Wirkungsgraden die Systemkosten zu senken, wird es schwer haben, sich im Markt durchzusetzen.</p>	
	<p>Entsprechend ehrgeizig ist die Konkurrenz: Die neu gegründete CTF Solar zum Beispiel verfolgt die gleiche Strategie wie der Branchenprimus. Sie setzt auf CdTe und plant, zügig große Kapazitäten aufzubauen. Bis 2011 will sie zehn Linien mit einer Gesamtkapazität von 500 MW errichten. „Was First Solar in Malaysia schafft, wollen wir in Deutschland realisieren“, sagt Andrew Murphy, Geschäftsführer der Beteiligungsgesellschaft Murphy und Spitz Green Capital. Sie hat 22,5 Prozent an der CTF Solar erworben und unterstützt den Kapazitätsaufbau. Zudem hat Green Capital ein Kaufangebot für den insolventen Arnstädter CdTe-Hersteller Antec abgegeben. Dessen Zehn-MW-Fabrik soll CTF Solar als Testlinie oder für die Sonderfertigung dienen (neue energie 5/2008).</p>	<p>Entsprechend ehrgeizig ist die Konkurrenz: Neben First Solar hat auch die US-Firma Abound Solar umgerechnet mehr als 100 Millionen Euro in eine vollautomatisierte Fabrik investiert, die noch in diesem Frühjahr die Fertigung von CdTe-Modulen aufnehmen soll. Abound Solar will schon bald ebenfalls Kosten von unter einem Dollar pro Watt erreichen.</p>	
	<p>Tandempanels vor dem Markteintritt</p>		
10	<p>Im Bereich Dünnschichtsilizium sorgt unterdessen Linienbauer Oerlikon Solar für Schlagzeilen: Er verspricht, dass die auf seinen Anlagen hergestellten Module bis 2010 in den meisten Regionen der Welt Solarstrom zu den gleichen Kosten wie Netzstrom liefern werden. Hierfür sollen die Produktionskosten in zwei Jahren von 0,87 bis 0,97 auf 0,44 Euro pro Watt halbiert werden. Oerlikon Solar führt zudem die</p>		

Abs	Neue Energie (6 / 2008)	Joule (5 / 2009)	Abs
	<p>Mikromorph-Technologie in den Markt ein. Mikromorphe Module haben im Gegensatz zur einfachen amorphen Version einen doppelten Aufbau aus einer amorphen und einer mikrokristallinen Siliziumschicht. Die Anordnung nutzt das Licht besser aus, weil die beiden Siliziumebenen das gesamte Spektrum in Strom umwandeln. Nach Aussage von Oerlikon Solar-Chefin Jeannine Sargent erreichen die neuen Tandempanels Effizienzen von neun bis 9,5 Prozent, liegen also um etwa zwei Prozent über der einfachen Amorph-Technologie. Die Ankündigungen der Schweizer stoßen auf positive Resonanz: Die Zahl der Kunden wächst Sargent zufolge stetig.</p>		
	<p>Zuletzt wurden die taiwanesischen E-Ton und die Berliner Firma Inventux Technologies mit Produktionsmaschinen beliefert. Letztgenanntes Unternehmen investiert 40 Millionen Euro in eine 33-MW-Fabrik für Tandemmodule. Sie soll noch im Dezember dieses Jahres in Betrieb gehen.</p>	<p>Das ist auch das Ziel der Berliner Firma Inventux. Sie produziert seit Ende 2008 Module aus sogenanntem mikromorphem Silizium. Die Technik ist eine Weiterentwicklung marktgängiger Dünnschichtpaneele aus einfachem amorphem Silizium.</p>	8
11	<p>Besonders rege ist das Interesse an amorphem Silizium, der vom Produktionsprozess einfachsten Variante, in China: Ende April hat Oerlikon den ersten Auftrag vermeldet. Tianwei Baoding bekommt eine 46,5-MW-Dünnschichtlinie geliefert. Teile könnten bereits aus der neuen Fertigungsstätte in Singapur stammen, die im zweiten Halbjahr in Betrieb geht. Auf einer Solarmesse Anfang Mai in Schanghai verkündete aber mindestens ein halbes Dutzend weiterer chinesischer Firmen den Start einer a-Si-Fertigung.</p>	<p>Mithilfe eines zusätzlichen Absorbers aus mikrokristallinem Silizium, der auf die amorphe Schicht aufgedampft wird, hat Inventux die Stromausbeute auf mehr als acht Prozent verbessert. Die Kostenersparnis sollen vor allem Skaleneffekte durch eine größere Produktionsmenge bringen. Die Firma will die Kapazität ihres Berliner Werks innerhalb der kommenden zwei Jahre auf über 60 Megawatt mehr als verdoppeln.</p>	
12	<p>Weltkonzern Sharp denkt bereits in ganz anderen Größenordnungen. Nachdem er den Titel des größten Zellenherstellers 2007 an Q-Cells abgeben musste, scheint er sich im Dünnschichtgeschäft nun frühzeitig von der Konkurrenz absetzen zu wollen: Die Japaner planen laut Sharp Solar-Deutschlandchef Peter Thiele, die Kapazitäten für Tandemmodule am Standort Katsuragi bis Ende des dritten Quartals 2008 von 30 auf 160 MW zu erweitern. Zudem wolle Sharp in einem neuen Werk in Sakai von 2010 an jährlich ein Gigawatt Triple Junction-Panels produzieren. Die neue Technologie, bei der drei hauchdünne Siliziumschichten Licht sammeln, erreicht nach Konzernangaben Wirkungsgrade von zehn Prozent, ist also etwas effizienter als die neuen Oerlikon-Module. Gut möglich, dass sie auch günstiger sind. Zu den avisierten Kosten äußert sich Sharp jedoch nicht.</p>		
	<p>Vom Standardverfahren noch weit entfernt</p>	<p>Effizientere Maschinen</p>	
13	<p>Modulhersteller Nanosolar erhebt ebenfalls Anspruch auf die Kostenkrone: Die US-Firma gibt</p>	<p>Noch ehrgeiziger sind die Pläne der US-Firma Nanosolar.</p>	9

Abs	Neue Energie (6 / 2008)	Joule (5 / 2009)	Abs
	an, das Watt für unter 0,65 Euro produzieren zu können. Der Schlüssel für niedrige Kosten soll im simplen Herstellungsprozess liegen:		
	Eine aus winzigen Halbleiterpartikeln aus Kupfer-Indium-Gallium-Selenid bestehende Tinte wird wie beim Zeitungsdruck im Rolle-zu-Rolle-Verfahren auf Folie aufgetragen — auf teure Vakuummaschinen und Reinraum-Produktionsbedingungen kann also verzichtet werden. Theoretisch könnte die Firma die Massenproduktion unverzüglich starten:	Sie hat einen Herstellprozess entwickelt, bei dem winzige Nanopartikel aus Kupfer, Indium, Gallium, Selen und eventuell Schwefel im Rolle-zu-Rolle-Verfahren auf eine Folie gedruckt werden. Auf weniger als 30 Eurocent wollen die Amerikaner mit ihrer innovativen Drucktechnik die Kosten drücken — auf rund ein Drittel der Modulkosten von Branchenprimus First Solar. „Wir können große Flächen in sehr kurzen Taktzeiten beschichten“, erklärt Nanosolar-Sprecher Erik Oldekop. Die Fabriken stehen bereits, der Start der Serienfertigung naht.	
	Sie verfügt in San José USA, und Luckenwalde bei Berlin bereits über Produktionskapazitäten von insgesamt 430 MW . Gerüchten zufolge sucht Nanosolar aber noch Kapital, um in die Serienproduktion gehen zu können. Bisher stellt die Firma daher nur geringe Modulmengen her.	In einem 430-MW-Werk in San José , Kalifornien, will Nanosolar die Zellen herstellen und diese dann in Luckenwalde bei Berlin zu Modulen verschalten. Nicht nur die Modulproduzenten, sondern auch die Anbieter von Maschinen für die Dünnschichtproduktion arbeiten eifrig an Innovationen. Der Schweizer Anlagenbauer Oerlikon Solar verspricht, dass die auf seinen Linien hergestellten Module aus Dünnschichtsilizium bis 2010 Strom konkurrenzfähig zu Netzstrom erzeugen werden. „Wir wollen die Produktionskosten auf 44 Eurocent pro Watt halbieren“, sagt Oerlikon Solar-Chefin Jeannine Sargent.	
14	Im Dünnschichtsektor stehen die Zeichen also klar auf Wachstum. Wie viele Hersteller ihre ambitionierten Ausbau- und Produktionsziele im zeitlich vorgegeben Rahmen erreichen, ist eine offene Frage.	Im Dünnschichtsektor stehen die Zeichen also klar auf Wachstum. Wie viele Hersteller ihre ambitionierten Ausbau- und Produktionsziele im zeitlich vorgegebenen Rahmen erreichen, ist aber offen.	10
	Erfahrungsgemäß sind Verzögerungen keine Seltenheit und oft ist großes Stehvermögen vonnöten, um ein Dünnschichtvorhaben umzusetzen.	Verzögerungen sind keine Seltenheit:	
	Der Gang vom Labor zur Fertigung dauert häufig Jahre und je mehr Halbleitermaterialien zum Einsatz kommen, desto schwieriger wird es, einen stabilen Produktionsprozess umzusetzen.	Der Gang vom Labor zur Fertigung dauert oft Jahre, und je mehr Halbleitermaterialien zum Einsatz kommen, desto schwieriger wird es, einen stabilen Produktionsprozess umzusetzen.	
	Branchenprimus First Solar zum Beispiel benötigte für die Kommerzialisierung seiner Module genau ein Jahrzehnt.	First Solar zum Beispiel hat für die Kommerzialisierung seiner Module genau ein Jahrzehnt gebraucht.	
	CIS-Hersteller Würth Solar optimierte seine Technologie sieben Jahre in einer Pilotlinie, bevor er 2007 mit der Serienfertigung begann.	CIS-Hersteller Würth Solar optimierte seine Technik sieben Jahre in einer Pilotlinie, bevor er 2007 mit der Serienfertigung beginnen konnte.	
15	Sulfurcell, eine Ausgründung des Hahn-Meitner-Instituts, hätte diesen Schritt gern auch schon hinter sich. Die Berliner arbeiten bereits seit 2001 an Modulen, bei denen Schwefel statt Selen eingesetzt wird, produziert aber immer noch im Pilotmaßstab.		

Abs	Neue Energie (6 / 2008)	Joule (5 / 2009)	Abs
	Für die Schwierigkeiten bei der Kommerzialisierung der Kupfermodule gibt es eine plausible Erklärung:	Gerade beim CIS wartet offenbar noch viel Entwicklungsarbeit:	
	„Anders als bei der kristallinen Technologie fehlt beim CIS grundsätzlich das Verständnis von Struktur und physikalischem Verhalten“, sagt Hansjörg Gabler, Dünnschichtexperte und ehemaliger Geschäftsbereichsleiter Photovoltaik im Stuttgarter Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW). Bis die CIS-Produktion also ein Standardverfahren ist, das auch von Neueinsteigern schnell bewältigt werden kann, ist noch viel Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu leisten. Für die anderen Dünnschichttechnologien dürfte Ähnliches gelten.	„Im Gegensatz zu den anderen Dünnschichttechniken werden CIS-Module noch auf prototypischen Anlagen hergestellt“, erklärt Michael Powalla, Leiter des Geschäftsbereichs Photovoltaik im Stuttgarter Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW).	
16	Ein weiteres Problem kommt hinzu: Wollen die Dünnschichtfirmen der dominierenden Silizium-Wafer-Technologie Marktanteile streitig machen, müssen sie sie bei den Kosten klar abhängen und bei den Effizienzen aufschließen.	Viel Zeit, um Serienreife Produkte zu präsentieren, haben die Dünnschichtfirmen allerdings nicht. Auch im kristallinen PV-Segment entwickeln sich Innovationen rasch, Wirkungsgrade steigen, Herstellkosten fallen.	11
	Das wird schwierig, weil die Standardsonnenfänger selbst über großes Entwicklungspotenzial verfügen.	Nicht wenige Forscher glauben deshalb, dass trotz des großen Entwicklungspotenzials der Dünnschicht an der konventionellen Solartechnik künftig kaum ein Weg vorbeiführen wird.	
	„Kristalline Siliziumzellen werden auch in Zukunft eine dominierende Rolle spielen“, sagt Stefan Glunz. „Einerseits steht die Langzeitstabilität dieser Module außer Frage und andererseits können dank der konsequenten Weiterentwicklung von Siliziumsolarzellen die Stromgestehungskosten gesenkt werden“, erklärt der Leiter der Abteilung Entwicklung und Charakterisierung von Siliziumsolarzellen am Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg.	„Kristalline Siliziumzellen werden auch in Zukunft eine dominierende Rolle spielen“, sagt Stefan Glunz, Leiter der Abteilung Entwicklung und Charakterisierung von Siliziumsolarzellen am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg. Denn einerseits stehe die Langzeitstabilität dieser Module außer Frage und andererseits könnten dank der konsequenten Weiterentwicklung von Siliziumsolarzellen die Stromgestehungskosten gesenkt werden, so Glunz.	
	Starke kristalline Konkurrenz	Kristalline Konkurrenz	
17	So herrscht auf der oberen Wirkungsgradskala ein reger Wettstreit um die besten Konzepte: Einige von ihnen, zum Beispiel Rückkontaktzellen, stehen vor der breiten Markteinführung (neue energie 3/2008).	So herrscht auf der oberen Wirkungsgradskala ein reger Wettstreit um die besten Konzepte: Einige von ihnen, zum Beispiel Rückkontaktzellen, stehen vor der breiten Markteinführung.	12
	Bei diesem Typ Lichtsammler befinden sich die Stromanschlüsse auf der Rückseite, so dass die Front nicht von Kontakten verschattet wird. Auf diese Weise können sie höhere Effizienzen erreichen als der kristalline Standard: Monokristalline Rückkontaktzellen kommen auf über 20 Prozent, Zellen aus multikristallinem Material liegen bei rund 15 Prozent.	Bei diesem Typ Lichtsammler befinden sich die Stromanschlüsse auf der Rückseite, sodass die Front nicht von Kontakten verschattet wird. So steigt die Effizienz.	
	Gleichzeitig benötigt die neue Technologie weniger Rohstoff. Da die Rückseite berührungslos mit Lasern hergestellt und nicht mehr mit Siebdruck gearbeitet wird, können dünnere Wafer zum Einsatz kommen, was wiederum Kosten spart.	Gleichzeitig benötigt die neue Technik weniger Rohstoff. Da die Rückseite berührungslos mit Lasern hergestellt und nicht mehr mit Siebdruck gearbeitet wird, können dünnere Siliziumscheiben zu Zellen verarbeitet werden, was Kosten spart.	
	Bei einem Durchbruch von direkt gereinigtem	Bei einem Durchbruch von sogenanntem direkt	13

Abs	Neue Energie (6 / 2008)	Joule (5 / 2009)	Abs
	metallurgischen Silizium könnten die Produktionskosten kristalliner Siliziumzellen noch weiter sinken.	gereinigtem metallurgischen Silizium, eines neuartigen Halbleitermaterials, könnten die Produktionskosten kristalliner Siliziumzellen noch weiter sinken.	
	Der neue Sonnenstoff ist zwar nicht so rein wie das üblicherweise verwendete Halbleitersilizium, weshalb sich mit ihm keine Hochleistungszellen herstellen lassen. Dafür ist er aber wesentlich günstiger:	Der neue Sonnenstoff ist deutlich günstiger als das üblicherweise verwendete Halbleitersilizium, verspricht aber ähnlich hohe Effizienzen:	
	Nach Angaben von Fraunhofer ISE-Leiter Eicke Weber kann das Material für umgerechnet drei bis sechs Euro produziert und selbst für zehn bis 13 Euro pro Kilogramm noch gewinnbringend verkauft werden (neue energie 5/2008).	Nach Angaben von Fraunhofer ISE-Leiter Eicke Weber kann das Material für drei bis sechs Euro produziert und selbst für zehn bis 13 Euro pro Kilogramm noch gewinnbringend verkauft werden.	
	Der augenblickliche Spotmarktpreis für konventionelles Silizium liegt dagegen bei rund 260 Euro beziehungsweise 400 US-Dollar.	Der derzeitige Spotmarktpreis für konventionelles Silizium liegt dagegen bei mehr als 100 Euro pro Kilogramm.	
	Vorstellbar also, dass schon bald auch die klassische PV Niedrigpreisprodukte auf dem Markt anbieten und die Luft für die Dünnschicht damit noch enger wird. Der Wettbewerb wird nicht so hart sein, wenn die Nachfrage nach Solaranlagen in den kommenden Jahren stark wächst — es also genug Platz für verschiedene Player gibt. Sollte sich der Bedarf bis 2010 zum Beispiel auf über 20 GW vervielfachen, wie die Beratungsgesellschaft Photon Consulting prognostiziert, dürften die Dünnschichtfirmen keine Probleme haben, Abnehmer zu finden. Wächst die Nachfrage dagegen moderat, wie der europäische Solarindustrieverband Epia glaubt, würden vor allem Hersteller mit einem schlechteren Preis-Leistungs-Verhältnis große Absatzschwierigkeiten bekommen. Geben die Dünnschichtfirmen jetzt nicht kräftig Gas, werden sie vermutlich dazu zählen. Nach Epias Schätzung wird sich der Bedarf bis 2010 nur auf sieben GW erhöhen (2007: 2,3 GW) — bei einer Weltmodulproduktion von insgesamt zwölf GW (2007: vier GW). Demnach wären fünf GW Panels zu viel auf dem Markt.	Demnach ist es gut vorstellbar, dass bald auch die klassische PV Niedrigpreisprodukte auf dem Markt anbieten und die Dünnschicht damit unter erheblichen Zugzwang setzen wird.	
18	Die verhaltene Prognose deckt sich mit der derzeitigen Entwicklung am ehesten: Sicher werden einzelne Märkte stark wachsen — in Spanien etwa soll sich die neu installierte Leistung in diesem Jahr auf 700 MW verdoppeln. Auch in den USA, dem Heimatmarkt vieler Dünnschichtfirmen, wird von einer guten Entwicklung ausgegangen: Epia hält dorr 2010 einen Zubau von einem bis 1,4 GW für möglich (2007: 250 MW). Doch in den meisten asiatischen und südeuropäischen Ländern kommt die Solarenergie deutlich langsamer von der Stelle. So stieg China zwar mit einem Zellenproduktionsvolumen von 1,2 GW im		

Abs	Neue Energie (6 / 2008)	Joule (5 / 2009)	Abs
	<p>vergangenen Jahr zum weltgrößten PV-Hersteller auf, doch weil die Solarenergie in dem Land kaum gefördert wird, gingen dort im letzten Jahr nur Anlagen mit 50 MW ans Netz. Derzeit gibt es außer Kleinstanlagen für den Offgrid-Einsatz und wenigen Pilotprojekten keine nennenswerten Installationen. Bis 2010 wird Peking an. dieser Situation vermutlich wenig ändern: Gerechnet wird für dieses Jahr mit einem Zubau von maximal 300 MW.</p>		
19	<p>Frankreich und Italien enttäuschten bis dato ebenso: 45 MW und 25 MW wurden dort im letzten Jahr aufgestellt. Und mit einem baldigen Solarboom am Mittelmeer ist nicht zu rechnen: Noch immer verhindert eine langsame Administration die zügige Umsetzung von Solarvorhaben. Schließlich wird laut Experten auch Deutschland, mit 1,1 GW Zubau 2007 größter PV-Markt, sein Wachstum verlangsamen. Die Bundesregierung will die Einspeisevergütungen für Solarstrom mit der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) senken (siehe Seite 16). Bisher betrug die jährliche Degression fünf Prozent.</p>		
	Mehr als ein Nischenprodukt	Mehr als eine Nische	
20	<p>Die Dünnschichtfirmen werden also wahrscheinlich hart um Marktanteile kämpfen müssen. Vorerst dürfte es ihre Technologie wegen der niedrigen Effizienzen vor allem dort schwer haben, wo viel Leistung auf wenig Fläche erbracht werden muss.</p>	<p>Die Dünnschichtfirmen werden also wahrscheinlich hart um Marktanteile kämpfen müssen. Vorerst dürfte es ihre Technik wegen der niedrigen Effizienzen vor allem dort schwer haben, wo viel Leistung auf wenig Fläche erbracht werden muss.</p>	14
	<p>Hausbesitzer in Ländern mit attraktiver Solarförderung zum Beispiel werden ihr Dach eher mit kristallinen Siliziumpanels bestücken, weil sie auf zehn Quadratmetern schlicht mehr Strom erzeugen und eine Einspeisevergütung erwirtschaften, mit der sich der Preisnachteil gegenüber der Dünnschicht mehr als aufwiegen lässt.</p>	<p>Hausbesitzer in Ländern mit attraktiver Solarförderung zum Beispiel werden ihr Dach eher mit kristallinen Siliziumpaneelen bestücken, weil diese auf zehn Quadratmetern schlicht mehr Strom erzeugen und eine Einspeisevergütung erwirtschaften, mit der sich der Preisnachteil gegenüber der Dünnschicht mehr als aufwiegen lässt.</p>	
21	<p>Kurzfristige Chancen bieten sich den schlanken Lichtsammlern dagegen auf großen Industrie- und Gewerbedächern oder im Freiland: Hier ist reichlich Platz vorhanden, so dass der Preis das entscheidende Kriterium ist. Einige interessante Dünnschichtlösungen für Fabrikgebäude, Lagerhallen und andere Nutzgebäude sind bereits auf dem Markt: Solarkonzern Centrosolar zum Beispiel bietet neuerdings aus Dünnschichtsiliziumzellen bestehende Dachfolien für Flachdächer an. Diese Lichtsammler des US-Herstellers United Solar erreichen zwar nur Effizienzen von 6,5 Prozent, ersetzen aber die Dachhaut und sparen damit letztlich Kosten.</p>	<p>Kurzfristige Chancen bieten sich den schlanken Lichtsammlern dagegen auf großen Industrie- und Gewerbedächern oder im Freiland: Hier geht es weniger darum, auf einer begrenzten Fläche maximale Leistung zu generieren, denn Platz ist reichlich vorhanden.</p>	
22	Auch für die Fassadenintegration sind		

Abs	Neue Energie (6 / 2008)	Joule (5 / 2009)	Abs
	<p>Dünnschichtmodule prädestiniert, denn sie sind leichter und flexibler als ihre dicken kristallinen Kollegen. Zudem haben sie den physikalischen Vorteil, dass sie bei hohen Temperaturen weniger Leistungsverluste aufweisen. Besonders bei Fassaden, die nicht hinterlüftet sind, kann Hitze den Zellen arg zusetzen. Beim Gebäudehüllenspezialist Schüco spielt die Dünnschicht mittlerweile eine zentrale Rolle: Er will nach Angaben von Christof Erban, zuständig für den Internationalen Vertrieb von PV-Elementen zur Gebäudeintegration, ein Fassadenelement aus Dünnschichtsilizium auf den Markt bringen, das mit bis zu 5,7 Quadratmetern doppelt so groß ist wie bisher handelsübliche Module. Es werde sowohl semitransparent als auch opak, also undurchsichtig, sowie in Sonderformen erhältlich sein. Große Hoffnungen auf den Einsatz seiner speziellen Kupfer-Module in Gebäuden macht sich auch die Frankfurter Odersun (siehe Seite 82):</p>		
23	<p>Gelingt es Firmen wie First Solar oder Oerlikon, die Fertigungskosten für Dünnschichtmodule in zwei Jahren tatsächlich so weit zu senken, dass sie Solarstrom zu den gleichen Kosten wie Netzstrom liefern, könnte die Technologie ihren Marktanteil sicher erheblich erhöhen. Denn ist die Photovoltaik erst einmal auf Augenhöhe mit dem Netzstrompreis, wird sich niemand mehr über die Abnahme Sorgen machen müssen.</p>	<p>Gelingt es Firmen wie First Solar oder Oerlikon, die Fertigungskosten für Dünnschichtmodule in zwei Jahren tatsächlich so weit zu senken, dass sie Solarstrom zu den gleichen Kosten wie Netzstrom liefern, dürfte an der Technik kein Weg mehr vorbeiführen. Denn ist PV-Strom preislich erst einmal auf Augenhöhe mit dem Strom aus der Steckdose, wird sich niemand mehr über die Abnahme Sorgen machen müssen.</p>	15
24	<p>Nach den ehrgeizigen Zielen von Oerlikon, könnte das bereits 2010 der Fall sein. Bis dahin wollen die Schweizer Produktionskosten von 0,44 Euro pro Watt bei einem Wirkungsgrad von zehn Prozent schaffen.</p>		
	<p>Die kristalline Technologie wäre damit ausgestochen: Für unter 0,50 Euro wird sich in den nächsten Jahren kein kristallines Modul fertigen lassen. Theoretisch kann die Dünnschicht also viel, nun muss sie erst einmal den anstehenden Kapazitätsausbau bewältigen.</p>	<p>Die kristalline Technik wäre damit ausgestochen: Für weniger als 50 Eurocent wird sich in absehbarer Zeit wohl kein kristallines Modul fertigen lassen. Theoretisch kann die Dünnschicht also viel bewegen, nun muss sie aber erst einmal den anstehenden Kapazitätsausbau bewältigen.</p>	